

大西洋クロマグロの漁獲量・資源量と価格の動向  
Trends of Atlantic Bluefin Tuna Catches, Resources and the Prices

多田稔・松井隆宏・原田幸子  
(近畿大学)

Minoru TADA, Takahiro MATSUI and Sachiko HARADA  
(Kinki University)

E-mail : tadam@nara.kindai.ac.jp

**【要約】**

大西洋クロマグロの資源枯渇が危惧され、漁獲規制が大きく強化された。我が国はクロマグロの多くを地中海諸国から輸入しており、漁獲規制が今後とも長期的に継続されるのか、それとも資源が回復して価格上昇が短期間にとどまるのかは、我が国の養殖振興を考える上での不確定要因である。そこで、当論文においては、余剰生産モデルのパラメータである環境許容量と内的増加率について、2010年に資源が絶滅しないがMSYを実現する資源量を下回って低位水準にあるという現実的な条件を満たす範囲を推定した。次に、環境許容量と内的増加率を限界的に変化させても2010年の資源量が現実的範囲内に収まるものを蓋然性の高い値として採用し、2050年に向けての資源変動を予測した。その結果、最近年次の漁獲枠12,900トン为前提としても、依然として資源絶滅リスクが高いことが解明された。このことは、漁獲規制が今後さらに強化され、既存の価格予測値がさらに上方修正される可能性が高いことを示唆する。

**【キーワード】**

余剰生産モデル、環境許容量、内的増加率、漁獲規制

**【abstract】**

Resources of Atlantic bluefin tuna have been exhausting, and strict catch regulations were implemented. Since Japan imports a major part of bluefin tuna from the Mediterranean countries, whether the strict regulations and price rise would continue or not is an uncertain issue in promoting Japanese local tuna farming. This paper estimated a realistic range of parameters for carrying capacity ( $K$ ) and intrinsic rate of natural increase ( $r$ ) of the surplus production model, which can reproduce the trend of resource levels that are positive and less than  $K/2$  in the year of 2010. Next, we adopted more probable combinations for the parameters that can provide robust simulation results for resource levels against marginal changes in the parameters,

and projected resource trends towards 2050. As a result, it was found that the resources would still face high extinction risk even if we assumed the strictest scenario of the 12,900 tons catch quota applied in 2011. This implies that the more strict catch regulation would be applied and the existing price projection would be upwardly revised in the future.

## 1. はじめに

1990年代後半からの回転寿司ブームによってクロマグロに対する需要が急増し、その多くは地中海で蓄養された養殖クロマグロによって供給された。これは、国産天然クロマグロの価格が高く供給が不安定であること、食生活の洋風化によって消費者のトロ指向が強まったこと、および、蓄養技術が世界各地に伝播されたことによる。地中海における蓄養技術を用いた養殖では、産卵後の親魚を巻網で捕獲し数ヶ月間給餌することによって脂を乗せて出荷する。このため、稚魚の段階から2-3年をかけて蓄養する我が国の養殖クロマグロと比較して餌料費が少なく生産費も割安であるという特徴を持つ。

このような背景によって、地中海を含む東大西洋におけるクロマグロの乱獲と資源枯渇が進み、大西洋まぐろ類保存国際委員会 (ICCAT) による厳しい漁獲規制が実施されることとなった。2010年に漁獲枠が22,000トンから13,500トンへと大幅に削減され、ワシントン条約締約国会議 (CITES) においても付属書Iに掲載して国際取引を禁止することの是非が検討されたため、2011年においても漁獲枠がさらに12,900トンへと削減された。その結果、日本市場においてクロマグロ価格が上昇に転じている (日本経済新聞(2010))。このような漁獲規制が今後とも長期的に継続されるのか、それとも資源が回復して価格上昇が短期間にとどまるのかは、我が国の養殖振興を考える上での大きい不確定要因である。

そこで、当論文においては、Schaefer (1954)、クラーク(1988)によって開発された余剰生産モデルに代表される生物資源モデルのパラメータである環境許容量と内的増加率がとりうる現実的な範囲を推定するとともに、今後の漁獲枠に関していくつかのシナリオを設定して資源動向を分析し、価格の推移を展望する。

## 2. 大西洋クロマグロの漁獲動向

大西洋クロマグロは地中海を含む東系群とアメリカ大陸に近い西系群に分類され、ICCATによって管理がなされている。このうち、2000-2007年の西系群の漁獲量約2,000トンに対し東系群の漁獲量が約3万トンと圧倒的に多く、ここでは東系群のみを対象とする。東系群の漁獲量をみると、多くは地中海において巻網で漁獲されており、フランス、スペイン、イタリアの漁獲量が多く、最近ではこの3国で約5割を占める (図1)。巻網で

大西洋クロマグロの漁獲量・資源量と価格の動向

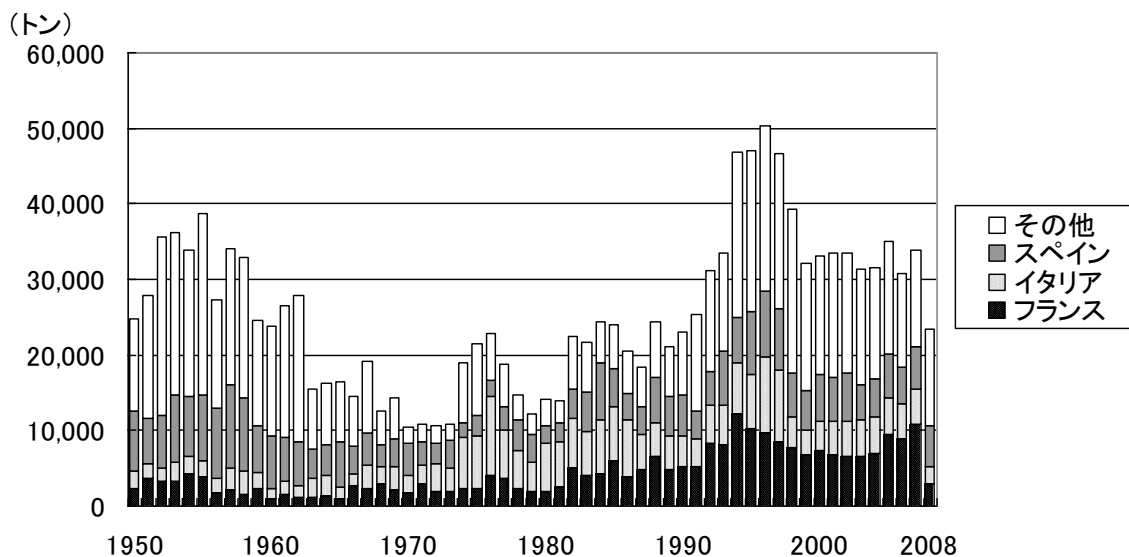


図1 東大西洋（地中海を含む）におけるクロマグロの漁獲動向

データ：FAO “Fishstat”、2008年は暫定値。

漁獲されたクロマグロは必ずしも漁獲国で蓄養されるわけではなく、賃金水準の低いクローチア、マルタ、トルコ等に輸送され、そこで蓄養されることが多くなっている。

地中海においては歴史的に一定の漁獲量が存在し、1950年代にも3万トンを超える漁獲量があり、日本市場とは別の地域市場が存在していた。変動があるものの長期的に毎年7,000-30,000トンの漁獲量があったと推定されている（Fromentin and Powers (2005)）。日本市場との関連が強まるのは1980年代後半からであり、この時期に日本ではバブル経済によってマグロ類への需要が増加するとともに、太平洋クロマグロの漁獲量が減少した。その結果、大西洋における日本向けクロマグロの漁獲が増大し（Fromentin and Ravier (2005)）、1990年代後半からは蓄養原魚としての漁獲が増加した。地中海諸国の養殖クロマグロ生産量は2008年には18,750トンであり、ほぼ全量の17,713トンが日本に向けて輸出されている（小野(2010)）。

このような漁獲量の増加によって資源状態は徐々に悪化してきた。ICCAT (2009)によれば、親魚資源のうちの漁獲される割合を示す親魚漁獲率が最近急速に高まって1/4を超えるようになり、2005年の親魚資源量推定値は1975年の約1/3の約10万トンとなっている。そこで、1998年から漁獲枠（TAC）が設定され、当初3万トンを超えていた漁獲枠が2010年には13,500トンまで削減され、さらに2010年11月のICCAT年次会合において2011年にはさらに12,900トンに削減することに合意した。ICCATは漁獲枠の設定以外にも、漁獲統計証明制度や養殖場に対する正規許可制度を導入し、未登録の養殖業者のマグロ取引を禁止している（小野(2008)）。

### 3. クロマグロ再生産関係の推定方法

前述のように、ICCATによって親魚資源量の推定値が公表されているが、漁獲量と資源量の関係を分析するためには幼魚を含めた全年齢に対する資源量の推定が必要となる。また、一般的に用いられる CPUE（単位努力量当たり漁獲量）に基づいた資源推定では、データ収集が漁業の行なわれる資源密度の高い海域に限定されるという問題（石井(1996)）や、異なる漁法間での CPUE の標準化という問題（水産総合研究センター(2010)）が生じる。地中海においては、1970年代まで定置網、小型巻網、延縄が主流の漁法であったのに対し、1980年代から魚群探知機や航空機からの観測を導入した巻網漁法が主流になったため（Fromentin and Ravier (2005)）<sup>(1)</sup>、これらの問題は長期的な資源解析において不可避となる。

そこで、当論文では、余剰生産モデルを用いて漁獲量から資源量を推定する。余剰生産モデルによると、期末資源量  $S_t$  は

$$S_t = S_{t-1} + rS_{t-1}(1 - S_{t-1}/K) - Q_t \quad [1式]$$

として表わされる。ここで、 $K$  は当該魚種の環境許容量、 $r$  は内的増加率、 $Q$  は漁獲量、 $t$  は年次である。また、右辺の資源再生量を示す第 2 項と漁獲量を示す第 3 項が一致する場合に資源変動は定常状態になり、その漁獲量が持続可能漁獲量（MSY）となる。[1式]にさらに自然死亡率や体重増加率を加味する派生型も存在するが、ここではパラメータ数の増加を回避するため、 $r$  をそのような要因も組み込んだ増加率であるとする。

このとき、資源量のデータが入手可能であれば、[1式]のパラメータ  $K$  と  $r$  を最小二乗法等によって計測することが可能である。Grafton (2000) はカナダのタラ資源を対象として、環境許容量  $K$  を所与として内的増加率  $r$  を 0.3 と推定している。しかし、大西洋クロマグロに関しては資源量の信頼できるデータが存在しないため<sup>(2)</sup>、ここでは、段階的に変化する  $K$  と  $r$  の値を外生的に与え、資源量の変動が正常な範囲に収まるものを選択する。具体的には、 $K$  を 10 万トンから 10 万トン刻みで増加させ、それぞれの  $K$  に対して  $r$  を 0.01 から 0.01 刻みで増加させ、2010 年までに資源量  $S$  が絶滅<sup>(3)</sup>せず、かつ、資源量が最大値  $K$  の 1/2 以下になる  $K$  と  $r$  の組合せを選択する。また、漁獲量データとしては、1950 年以降の長期データを入手できる FAO “Fishstat” を用いる。なお、当データは ICCAT から公表されているデータにほぼ等しい。

ただし、漁業が壊滅的であった第二次世界大戦の終了した 1945 年の資源量を初期値  $K$  とし与え、“Fishstat” 漁獲量データの存在しない 1949 年以前の漁獲量に関しては、1945 年の漁獲量をゼロとして 1950 年との間を毎年定量増加として内挿した。また、2008 年から 2010 年にかけての漁獲量としては漁獲枠で代用した。

このような手続きによって現実的な  $K$  と  $r$  の組合せが選択されると、最大持続可能漁獲量（MSY）を実現できる資源量と MSY をそれぞれ  $K/2$  および  $rK/4$  として推定できる。

#### 4. 環境許容量と内的増加率の推定結果

以上の手続きによって求められた  $K$  と  $r$  のとりうる範囲を表 1 に示す（当表には、これ以外に、次節で述べる今後の資源動向の予測値に関する指標も併記されている）。

この推定結果によると、 $K$  が増加するとともに  $r$  が減少する関係が見られる。すなわち、 $K$  の増加と  $r$  の増加が資源変動に対して同等の効果を持ち、代替的な関係にあることを示している。したがって、 $K$  と  $r$  の増分を微小に設定すると、実際に生じたであろうと考えられる資源変動を説明できる  $K$  と  $r$  の組合せが無数に存在する。

ここで得られた  $K$  と  $r$  の組合せのうち、 $K$  が 20 万トン、60 万トン、100 万トン、および 140 万トンのケースに基づく資源変動の推定値を図 2 に示す。当図で示されるように、相対的に  $K$  が小さく  $r$  が大きい場合には 1960 年代後半から 1980 年代にかけての低い漁獲量によって 1980 年代に資源が一度再生するが、相対的に  $K$  が大きく  $r$  が小さい場合には資源は単調減少の傾向を示す。

ICCAT は親魚資源の推定値を公表しており、ICCAT (2007) の推定値では 1990 年代前半に資源が回復し、図 2 (2) に類似した変化を示しているが、ICCAT(2009) の推定値では、図 2 (3) (4) のような単調減少の傾向を示している。

それでは、 $K$  と  $r$  のより蓋然性の高い値として、どの範囲を選択すべきであろうか。ここでは、 $K$  と  $r$  を微小に変化させた場合における資源変動推定結果の頑健性によって判断する。余剰生産モデル ([1 式]) のパラメータは定数となっているが、実際には自然環境条件によって変化する。このような現象はレジームシフトとして知られており、大西洋クロマグロの場合にも地中海の数か所に設置された定置網による漁獲量が連動して変化することが報告されている (Ravier and Fromentin (2001))。

そこで、表 1 において得られた  $K$  と  $r$  の範囲を図 3 にプロットした（ただし、当図は  $r < 0.50$  の範囲を示している）。これによると、 $r$  が 0.19 以上の場合、 $K$  の設定を  $\pm 10$  万トンの幅で双方向どちらに変化させても図の網掛けしたセルからはずれ、2010 年時点での資源は絶滅または回復という不安定な結果を示す。 $r$  が 0.10 以上 0.18 以下の範囲では、 $K$  の設定を  $\pm 10$  万トンの幅で双方向のどちらに変化させても資源変動が不安定な結果を示す場合と、 $K$  の設定をプラス方向またはマイナス方向のどちらかに 10 万トン変化させると資源変動が不安定な結果を示す場合が混在する。また、 $K$  が 160 万トン以上になると、 $r$  の設定をプラス方向またはマイナス方向に 0.02 変化させると資源変動が不安定な結果を示す。

このように、1945 年から 2010 年にかけての資源動向の推移に関するシミュレーション結果の頑健性によって  $K$  と  $r$  の範囲に制約を加えると、 $K$  の  $\pm 10$  万トン ( $K$  の中間値に対して片側 7.7%)、 $r$  の  $\pm 0.02$  ( $r$  の中間値に対して片側 5.8%) の変化に対して頑健な結果を示す  $K$  と  $r$  の組合せは (110, 0.06)、(120, 0.05)、(150, 0.03) となる。したがっ

表 1 余剰生産モデルの推定結果と資源量の動向予測

Kの値	r の 値 お よ び 2 0 1 1 年 か ら の 資 源 の 動 向					
20 (万トン)	r=0.68	r=0.69				
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑				
30	r=0.40	r=0.41	r=0.42			
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑			
40	r=0.26	r=0.27	r=0.28	r=0.29	r=0.30	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	
50	r=0.18	r=0.19	r=0.20	r=0.21	r=0.22	r=0.23
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑
60	r=0.14	r=0.15	r=0.16	r=0.17	r=0.18	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	
70	r=0.11	r=0.12	r=0.13	r=0.14	r=0.15	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑	
80	r=0.09	r=0.10	r=0.11	r=0.12		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↑ ↑	a b c ↑ ↑ ↑		
90	r=0.07	r=0.08	r=0.09	r=0.10		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↑ ↑		
100	r=0.06	r=0.07	r=0.08	r=0.09		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↑ ↑		
110	r=0.04	r=0.05	r=0.06	r=0.07	r=0.08	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↑ ↑	
120	r=0.03	r=0.04	r=0.05	r=0.06	r=0.07	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↑ ↑	
130	r=0.03	r=0.04	r=0.05	r=0.06		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↑ ↑		
140	r=0.02	r=0.03	r=0.04	r=0.05		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓		
150	r=0.01	r=0.02	r=0.03	r=0.04	r=0.05	
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	
160	r=0.01	r=0.02	r=0.03	r=0.04		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓		
170	r=0.01	r=0.02	r=0.03	r=0.04		
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓	a b c → ↑ ↑		
180	r=0.01	r=0.02	r=0.03			
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓			
200	r=0.01	r=0.02				
	a b c ↓ ↓ ↓	a b c → ↓ ↓				
220	r=0.01	r=0.02				
	a b c → ↓ ↓	a b c → ↓ ↓				
240	r=0.01					
	a b c → ↓ ↓					
260	r=0.01					
	a b c → ↓ ↓					

大西洋クロマグロの漁獲量・資源量と価格の動向

注1) 表中の a b c は 2011 年からの漁獲枠が、a : 22,000 トン、b : 18,500 トン、c : 12,900 トンというシナリオを示す。

注2) 表中の  $\nearrow$   $\rightarrow$   $\searrow$  は、 $\nearrow$  : 2050 年までに資源が  $K/2$  を上回る水準に回復、 $\rightarrow$  :  $K/2$  以下の水準で推移、 $\searrow$  : 絶滅という予測結果を示す。

注3)  $K = 10$  または 270 以上のとき解なしである。

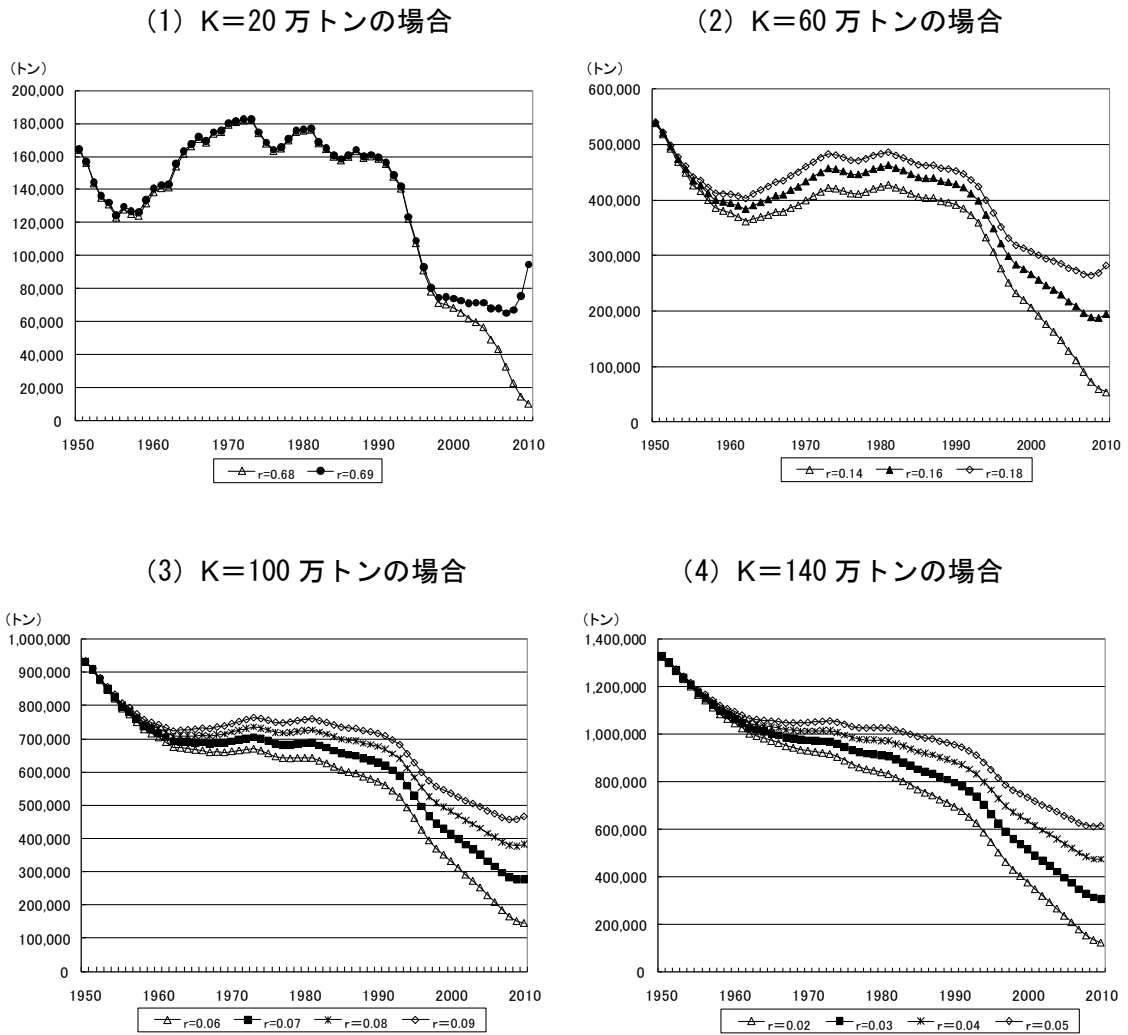


図2 資源変動の推定値

て、図3に網掛したセル全てが今までの資源変動を再現する可能性を持つものの、黒で示したセルとその近傍がより蓋然性の高いパラメータの組合せを示すものと推定される。

5. 今後の資源動向に関する考察

世界的に天然クロマグロの漁獲規制が強化される中で、日本のクロマグロ養殖は蓄養原

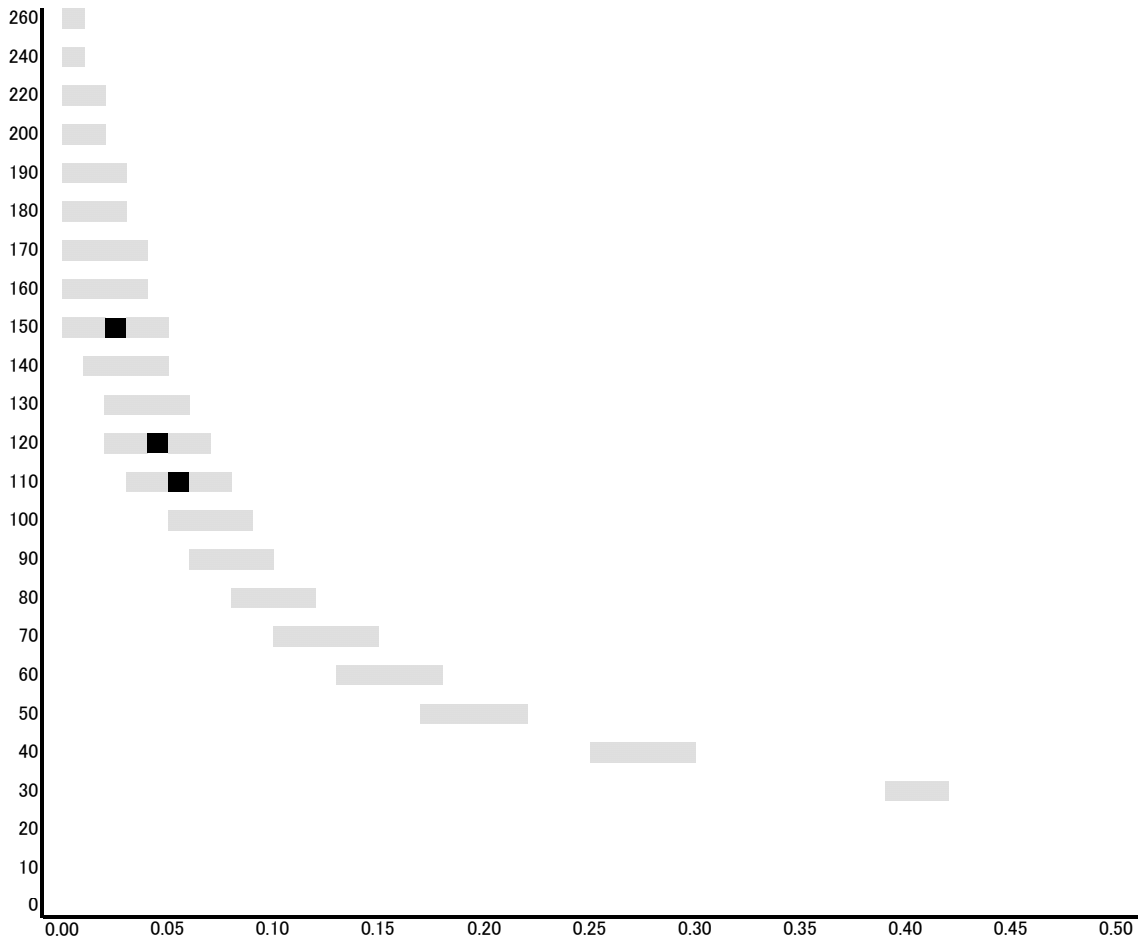




図3 Kとrの分布

注)  : 当該Kとrのもとで、2010年の資源量がプラスでK/2未満  
 : 当該K±10、r±0.02のもとで、2010年の資源量がプラスでK/2未満

魚の漁獲規制が緩く、資源に及ぼす影響も軽微にとどまっている。例えば、2008年における日本の太平洋クロマグロ漁獲量 16,531 トンのうち、蓄養原魚として使用されたものは1.8%の 303 トンにすぎない(原田他(2010))。さらに、完全養殖技術も開発され、現時点で国産養殖クロマグロの約 1/10 が人工種苗を用いて生産されている(熊井(2010))。したがって、天然クロマグロ漁獲や諸外国の養殖生産が減少することによって価格上昇が見込まれ、我が国の養殖経営は収益性を向上させるものと考えられる。

多田(2010)の試算によると、日本の養殖クロマグロ生産量を現在の 1 万トンとして、ICCAT に加えてみなみまぐろ保存委員会 (CCSBT) や中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC) の漁獲規制が実施された場合に④、日本のクロマグロ卸売価格が 2006 年⑤の 2,972 円/kg から 3,602 円/kg へと約 2 割上昇する。このうち、価格上昇に対して最も影響のあるものは ICCAT による規制である。ICCAT の規制が資源量と比較して緩いものであれば資源は一層枯渇し漁獲枠が削減され、将来の価格上昇はさらに上昇することになる。



反対に規制が妥当なものであれば資源が回復し、将来の価格上昇は予測値よりも低下することになる。

そこで、2011年以降に ICCAT が設定する漁獲枠について次の3つのシナリオ、a)2008年年次会合で2009年から実施すると合意していた22,000トン、b)2008年年次会合で2011年から実施すると合意していた18,500トン、c)2011年に実際に実施される12,900トンを設定し、表1中のそれぞれの $K$ と $r$ の組合せに応じた[1式]を適用して2050年までの資源量を推定した。その結果の概要を表1に示すとともに、前節において $K$ と $r$ の蓋然性の高い組合せとした中で、 $K=120$ 、 $r=0.05$ の場合の2050年に向けた資源変動の推定値を図4に例示する。

まず、全体として、環境許容量 $K$ が180万トン以上であると全ての場合に資源は絶滅あるいは低位で推移する。また、 $K$ が130万トン以上の場合にも、ほとんどの場合に資源は絶滅または低位で推移し、回復の可能性は非常に低いということがわかる。この場合、資源の回復が予測されるのはシナリオcのもとで、 $K$ が170万トン以下、かつ $r$ が上限値の場合のみである。これは、 $r$ が小さい、すなわち、資源の再生産力が弱いことに起因する。

次に、シナリオ別にみる。シナリオaの場合、 $K$ が80万トン以下で $r$ が相対的に大きければ資源は回復に向かうが、 $K$ が90万トン以上になると回復可能性は皆無となる。シナリオbの場合、 $K$ が120万トン以下で $r$ が相対的に大きければ資源は回復に向かうが、 $K$ が130万トン以上になると回復可能性は皆無となる。シナリオcの場合、 $K$ が170万トン以下で $r$ が相対的に大きければ資源は回復する。

このように、全ての $K$ と $r$ の組合せを前提とすると、 $K$ と $r$ と漁獲量の相対関係次第で資源動向にいかなる可能性も排除できないという結論となる。ところが、蓋然性の高い3つの $K$ と $r$ の組合せに限定すると、シナリオaとbの場合には資源が絶滅という予測が得られる。また、シナリオcの場合には資源が低位のまま推移するという予測が得られる。ただし、この場合も、設定したパラメータ $K$ が10万トン減少するか、 $r$ が0.01低下すれば資源は低迷あるいは絶滅となる。

以上の考察から、現行の厳しい漁獲枠を継続した場合には、 $K$ や $r$ が増加すれば資源が回復する可能性があるものの、絶滅リスクも依然として高いものがあると考えられる。 $K$ や $r$ が減少すれば、漁獲量が最も少ないシナリオcにおいても資源は絶滅に向かう。このため、漁獲枠の一層の縮小はあり得ても、拡大の可能性は非常に小さいと判断できる。このことは、日本市場におけるクロマグロ価格が東大西洋における資源管理の成功いかんによって多田(2010)の試算値3,602円/kgを上回る可能性も存在することを示唆する。

## 6. まとめ

余剰生産モデルを用いて、東大西洋クロマグロ資源の環境許容量 $K$ と内的増加率 $r$ の現

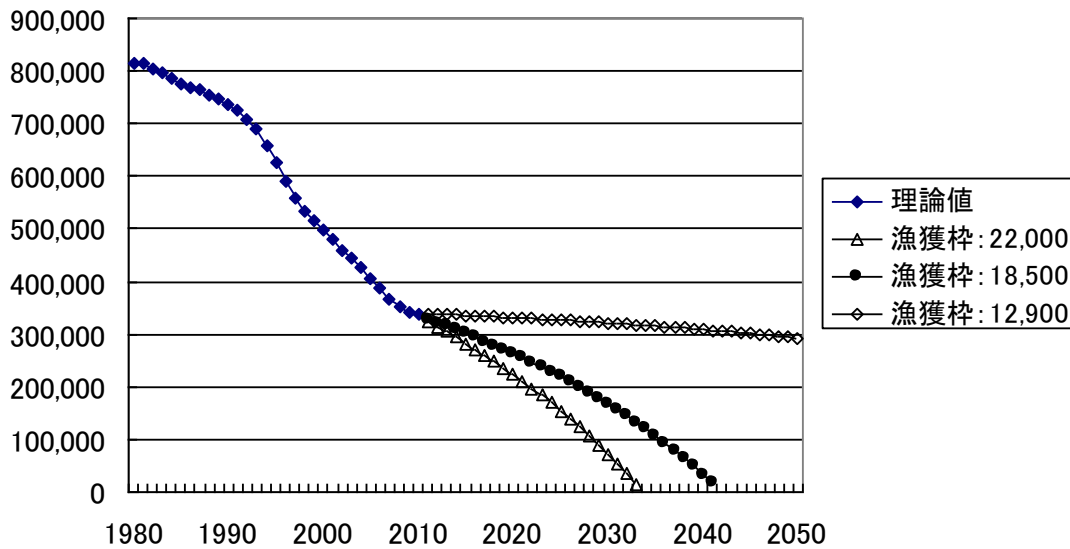


図4 東大西洋クロマグロ資源量の予測例  
 - $K=120$  万トン、 $r=0.05$  のケース-

実的な範囲を求めた。ここで、現実的とは、2010年に資源（ $S$ ）が絶滅しないがMSYを実現する資源量を下回って低位水準（ $0 < S < K/2$ ）にあることである。その結果、環境許容量 $K$ は20万トンから260万トンの範囲であり、内的増加率 $r$ はそれぞれの $K$ に対して最大0.05の幅をもって $K$ の上昇とともに低下することが解明された。

当モデルの現実的な範囲内でのパラメータを用いて、2011年以降の漁獲枠に関して、ICCAT2010年年次会合で合意された12,900トン、および2008年年次会合で2011年および2009年に実施すると合意された18,500トンと22,000トンを前提として、2050年に向けての資源変動を予測した。その結果、環境許容量と内的増加率と漁獲量の相対的關係によって資源の絶滅から回復まで、いかなる可能性をもとりうるということが判明した。

そこで、環境許容量と内的増加率の設定値を限界的に変化させても2010年の資源量が現実的範囲内に収まる $K$ と $r$ を蓋然性の高い値として求め、再度、2050年に向けての資源変動を予測した。その結果、漁獲量12,900トンを前提としても、依然として資源絶滅リスクが高いことが解明された。このことは、ICCATの漁獲規制がさらに強化され、既存の価格予測値がさらに上方修正される可能性が高いことを示唆する。

当論文においては、余剰生産モデルのパラメータを固定係数として決定論的分析を進めてきた。しかし、レジームシフト論が指摘するように、自然環境変動によってクロマグロ資源の環境許容量や内的増加率に変化が生じると考えられる。この問題に対して、パラメータが限界的に変化しても2010年時点での資源量が正常な範囲内に収まるものを蓋然性の高いパラメータとして選択することで対応した。今後は、確率モデルの導入や、環境要因の明示的導入が課題である。

注

- (1) このような漁獲技術の発達によって資源が減少し、利益率の高いシシリー（シチリア）島の定置網漁業の方が先に壊滅しているという漁法間の問題も指摘されている（Bjorndal and Brasao (2006)）。
- (2) ICCAT(2009)では延縄、定置網、竿釣の CPUE は公表されているが、主として小型魚を対象とする巻網の CPUE は公表されていない。これが、親魚資源量推定値のみ公表され、全年齢に対する資源量推定値が公表されない要因の一つであると推測される。
- (3) 当稿では [1 式] において漁獲量を外生変数として与えているため、資源量がゼロに近づいても漁獲量が減少せず、その結果、資源がゼロに達することが多い。実際には、漁獲枠を超えない水準での漁獲量は資源量と漁獲努力量によって決まるため、資源量が減少すると漁獲量も減少し、絶滅の可能性は低下する。
- (4) ミナミマグロに関しては CCSBT によって管理されており、漁獲枠(TAC)は 2008-09 年の各 11,810 トンから 2010-11 年の各 9,449 トンに削減された。また、太平洋クロマグロに関しては WCPFC によって管理されており、漁獲努力量を 2002-2004 年水準よりも増やさないことが合意され、これを受けて、日本の農林水産省では、大中型まき網漁業を対象とした休漁・漁獲サイズの制限や、養殖場の登録と養殖実績報告の提出を義務化することが検討されている。
- (5) 農林水産省『水産物流通統計年報』によるクロマグロの消費地卸売価格の平均値が公表されているのは 2006 年までである。

引用文献

- [1] Bjorndal T. and Brasao A. (2006) “The East Atlantic Bluefin Tuna Fisheries: Stock Collapse or Recovery?”, *Marine Resource Economics*, 21, 193-210.
- [2] Fromentin J.M. and Powers J.E. (2005) “Atlantic Bluefin Tuna: Population Dynamics, Ecology, Fisheries and Management”, *FISH and FISHERIES*, 6, 281-306.
- [3] Fromentin J.M. and Ravier C. (2005) “The East Atlantic and Mediterranean Bluefin Tuna Stock: Looking for Sustainability in a Context of Large Uncertainties and Strong Political Pressures”, *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 353-361.
- [4] Grafton R.Q., Sandal L.K. and Steinshamn S.I. (2000) “How to Improve the Management of Renewal Resources: The Case of Canada’s Northern Cod Fishery”, *American Journal of Agricultural Economics*, 82, 570-580.
- [5] International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) (2007) “Report of the Standing Committee on Research and Statistics”, Madrid, Spain, October 1-5.
- [6] International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) (2009)

- “Report of the Standing Committee on Research and Statistics”, Madrid, Spain, October 5-9.
- [7] Ravier C. and Fromentin J.M. (2001) “Long-term Fluctuations in the Eastern Atlantic and Mediterranean Bluefin Tuna Population”, *ICES Journal of Marine Science*, 58, 1299-1317.
- [8] Schaefer M.B. (1954) “Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the management of the Commercial Fisheries”, *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commissions*, 1(2), 27-56.
- [9] Tada M. (2010) “Challenges and Opportunities for the Full Cycle Farmed Tuna in Japan”, *Proceedings of the 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture*, Amami, Japan, October, 40-44.
- [10] 石井丈夫(1996)「資源量指数」、能勢幸雄・石井丈夫・清水誠『水産資源学』、東京大学出版会、pp.173-184。
- [11] 小野征一郎(2008)「マグロ養殖業の課題と展望」、小野征一郎編著『養殖マグロビジネスの経済分析』、成山堂、pp.209-237。
- [12] 小野征一郎(2010)「マグロ養殖業の課題」、熊井英水・宮下盛・小野征一郎共編著『クロマグロ完全養殖』、成山堂、pp.190-219。
- [13] 熊井英水(2010)「クロマグロ増養殖の来歴と現状そして将来」、熊井英水・宮下盛・小野征一郎共編著『クロマグロ完全養殖』、成山堂、pp.1-21。
- [14] クラーク C.W.(1988)『生物資源管理論』、恒星社厚生閣。
- [15] 水産総合研究センター(2010)「漁業資源の変動と資源評価について」、『平成 21 年度国際漁業資源の現況』 ([http://kokushi.job.affrc.go.jp/H21/H21\\_02.pdf](http://kokushi.job.affrc.go.jp/H21/H21_02.pdf))。
- [16] 日本経済新聞(2010)「クロマグロが上昇」(11月20日記事)。
- [17] 原田幸子・宮下盛・小野征一郎・坂本亘・大田博巳(2010)「シンポジウム『クロマグロ養殖業の現状と展望』をめぐって」、熊井英水・宮下盛・小野征一郎共編著『クロマグロ完全養殖』、成山堂、pp.164-189。

[付記] 本稿の内容は、文部科学省によるグローバル COE プログラム「クロマグロ等の養殖科学の国際教育研究拠点」(平成 20~23 年度) の助成を受けた研究成果の一部である。